



SAVONIA

Hybridivälipohjan käytön laajentaminen toimisto- ja liikerakentamiseen

Ossi Mönkkönen

Opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustuotanto

21.2.2012

Kuopiossa

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Ossi Mönkkönen	
Työn nimi Hybridivälipohjan käytön laajentaminen toimisto- ja liikerakentamiseen	
Päiväys 9.2.2012	Sivumäärä/Liitteet 43 + 6
Ohjaaja(t) lehtori, dipl. ins. Matti Mikkonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lujabetoni Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia Lujabetoni Oy:n kehittämää uutta hybridivälipohjaa. Tutkittavassa rakenteessa on yhdistetty ontelolaattojen sauma- sekä pintalaatan betonivalu yhdeksi valukerraksi. Lujabetoni on kehittänyt tätä varten uuden betonilaadun, helposti tasoittuvan saumabetonin eli lyhennetysti HTS-betonin. Kyseinen hybridirakenne on todettu toimivaksi yhdessä asuinrakentamisessa käytettävien ohuiden ontelolaattojen kanssa. Työn tavoitteena oli tutkia, miten uusi valmisbetoni toimii yhdessä toimisto- ja liikerakentamisessa käytettävien paksumpien ontelolaattojen kanssa. Lujabetoni halusi selvittää, onko hybridivälipohjaa mahdollista markkinoida käytettäväksi myös toimisto- ja liikerakennuskohteissa.</p> <p>Opinnäytetyössä tehtiin ennakkokokeita, joiden avulla pyrittiin kartoittamaan mahdollisia ongelmakohtia hybridirakennetta käytettäessä. Siilinjärvellä ja Hämeenlinnassa tehtiin 50 neliömetrin suuriset ontelolaattakentät, joiden avulla tutkittiin hybridivälipohjan toimivuutta käytännössä. Lisäksi apuna käytettiin myös vanerimuotteja, joiden avulla mallinnettiin betonielementtien liittymäkohtia. Kokeiden avulla saatiin tuloksia siitä, miten hybridivälipohja toimii, kun ontelolaattojen paksuus kasvaa.</p> <p>Tutkimustulosten perusteella voitiin todeta, että hybridivälipohja toimi muissa kokeissa hyvin, mutta 500 mm:n ontelolaattojen kanssa ilmeni ongelmia. Ontelolaattojen päissä olevat muoviset tulpat eivät kestäneet betonin aiheuttamaa hydrostaattista painetta. Lujabetonin seuraava kehitystyö on suunnitella ontelolaattojen päihin sellaiset tulpat, jotka kestävät voimakkaasti nesteytetyn betonin aiheuttaman paineen. Tämän jälkeen hybridivälipohjaa on mahdollista markkinoida käytettäväksi toimisto- ja liikerakennuskohteissa.</p>	
Avainsanat Välipohja, betoni, pintabetoni, ontelolaatta	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Building and Structural Engineering			
Author(s) Ossi Mönkkönen			
Title of Thesis Expanding the use of hybrid floors to office and commercial buildings			
Date	9 February 2012	Pages/Appendices	43 + 6
Supervisor(s) Mr Matti Mikkonen, Lecturer			
Client Organisation/Partners Lujabetoni Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The topic of this thesis was suggested by the development manager of Lujabetoni Ltd Mr. Tuomo Kovanen. The purpose of this thesis was to study how Lujabetoni's new concrete element product hybrid floor works when dimensions of hollow core slabs and load bearing beams are growing. The goal was to find the intermediate floor details where problems may occur when massive hollow core slabs are combined with Lujabetoni's new ready mixed concrete product named easy-leveling joint sealing concrete. The company wanted to find out whether it is possible to expand the product marketing. Hybrid floors have been used in residential buildings and the results have been good. Now the company wanted to know whether it is possible to expand the product marketing and start to use hybrid floors in office and commercial buildings as well.</p> <p>In this project several preliminary experiments were made in which the problem spots were modelled. In Lujabetoni's ready mixed concrete factories in Siilinjärvi and Hämeenlinna two hybrid floors, each 50 square meters in size were made. Those floors were used to assess the quality of concrete surface and new concrete's ability to fill narrow and high seams of hollow core slabs. Plywood sheets were used to find the points in the intermediate floors where problems may occur when using the easy-leveling joint sealing concrete combined with the hollow core slabs with a thickness of 400 and 500 millimeters.</p> <p>The conclusion of this study was that Lujabetoni's new product works with massive hollow core slabs except for one thing. When new concrete was combined with hollow core slabs with a thickness of 500 millimeters the plastic stoppers at the ends of slabs could not stand the hydrostatic pressure caused by the concrete. A further research topic is to develop stronger stoppers that can stand the hydrostatic pressure. When the stoppers are strong enough it is possible to use hybrid floor in office and commercial buildings with greater dimensions of hollow core slabs and load bearing beams.</p>			
Keywords floor, concrete, hollow core slab			
Public			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lujabetoni Oy:lle. Haluan kiittää yritystä aiemmista työsuhteistani ja mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö. Erityisesti haluan kiittää Lujabetonin kehityslaboranttia Perttu Ruuskaa, kehityspäällikköä Tuomo Kovasta, sekä koulun puolelta Matti Mikkosta tämän opinnäytetyön ohjaamisesta. Haluan myös kiittää eläkkeelle jäänyttä kehityslaboranttia Pentti Tuomaista, sekä Lujatalo Oy:n puolelta vastaavaa työnjohtajaa Matti Rönkköä haastatteluiden antamisesta.

Kuopiossa 21.2.2012

Ossi Mönkkönen

SISÄLTÖ

ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO	8
2 TUTKITTAVAN BETONIN TAUSTAA	9
2.1 Betonin notkeusmittaukseen käytettävät menetelmät	10
2.2 Itsetiivistyvä betoni	11
2.3 IT-betonin ja HTS-betonin keskeiset erot	12
2.4 HTS-betoni	12
3 TAVALLINEN ONTELOLAATTAVÄLIPOHJA	14
3.1 Työmenekki perinteistä menetelmää käytettäessä	15
3.2 Perinteisen ontelolaattaväli pohjan etuja	15
3.3 Ontelolaattojen saumaustyössä havaittuja ongelmia	16
4 LUJA-HYBRIDIVÄLIPOHJA	17
4.1 Hybridiväli pohjan ääneneristävyys	18
4.2 Hybridiväli pohjan etuja	18
4.2.1 Siivous työvaiheiden välillä	19
4.2.2 Saumausbetonin leviäminen pystysaumoista ontelolaattojen pinnalle ..	19
4.2.3 Ontelolaattojen pystysaumojen täyttyminen	20
4.2.4 Poisjäävät työvaiheet	20
4.3 Hybridiväli pohjan käytössä havaittuja ongelmia	20
5 HYBRIDIVÄLIPOHJAN KÄYTÖN LAAJENTAMINEN	22
5.1 Saumojen pystysuuntainen kutistuma	22
5.2 Kannatinpalkkien läpi kulkevat teräkset	24
5.2.1 Leukapalkin läpi kulkevien sidosterästen tartuntalujuus	24
5.2.2 Leukapalkissa olevan läpivientireiän täyttymisen tutkinta	25
5.3 Pintalaatan ja ontelolaatan välinen tartuntalujuus	27
5.3.1 Savonia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa suoritettu tartuntalujuusmittaus	28
5.3.2 Rakennustyömaalla suoritettu tartuntalujuuden mittaus	29
5.4 Hybridiväli pohjan pinnan tasaisuus	30
5.5 Pintalaatan kuivuminen	32
5.5.1 Kosteusmittaukseen käytetyt menetelmät	32
5.5.2 Kosteusmittauksen tulokset	34

5.6 Tulppauksen pettäminen	35
6 TULOKSIA TODELLISESTA HYBRIDIVÄLIPOHJAKOHITEESTA	37
6.1 Asunto Osakeyhtiö Vantaan Kotikoivu	37
6.2 Asunto Osakeyhtiö Valkeakosken Koulukatu 3	38
7 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	43

LIITTEET

Liite 1 Siilinjärven HTS-valusta mitatut lämpötilat

Liite 2 Lujatalo Oy:n vastaavan työnjohtajan Matti Rönkön haastattelu

Liite 3 Vaisalan HM141 kosteusmittarilla suoritettujen kosteusmittauksen tulokset

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni tutkin Lujabetoni Oy:n kehittämää hybridivälipohjaa. Kyseessä on uusi hiljattain markkinoille tuotu rakenne, jossa valetaan ontelolaattojen sauma- ja pintavalu samalla valukerralla. Tällaista valumenetelmää varten Lujabetoni on kehittänyt erityisen betonilaadun, helposti tasoittuvan saumabetonin. Perinteisellä menetelmällä ontelolaatat saumataan ensin, jonka jälkeen pintalaatta valetaan eri valukerralla. Työni tarkoituksena on selvittää hybridirakenteen toimivuutta ja valuominaisuuksia uutta betonia käytettäessä, kun kyseessä on toimisto- ja liikerakentamisessa käytettävät ontelolaatat, joissa ontelolaattojen väliset pystysaumamat ovat korkeita. Toimisto- ja liikerakennuksissa käytettävät ontelolaatat ovat paksuudeltaan 400 tai 500 mm. Paksumia ontelolaattoja käytettäessä jänneväli kantavien palkkien välillä voi olla jopa 15 metriä, joten kantavien rakenteiden täytyy olla järeitä. Työn tarkoituksena on selvittää rakenteiden kohtia, joissa hybridivälipohja yhdistettynä toimistorakennusten massiivisiin ontelolaattoihin aiheuttaa ongelmia. Hybridivälipohjasta on aiempia onnistuneita koetuloksia asuinrakentamisessa käytettävien matalien ontelolaattojen osalta. Asuinrakentamisessa ontelolaattapaksuudet ovat 200 tai 320 mm, joten työssäni käsitellään kohtia, joissa laattojen muuttuminen paksummaksi aiheuttaa ongelmia.

Kiinnostukseni tähän aiheeseen tuli työkokemuksen myötä. Olen ollut kesätöissä kolmena kesänä Lujabetoni Oy:n Savon valmisbetoniyksikössä. Kesätyön kautta olen saanut paljon tietoa ja kokemusta valmisbetoneista, joten otin yhteyttä Lujabetonin kehityspäällikkö Tuomo Kovaseen. Hänellä oli tavoitteena saada insinöörityön avulla tutkimustuloksia hybridivälipohjan toimivuudesta toimisto- ja liikerakentamisessa ja saada tietoa mahdollisuuksista tuotteen markkinoiden laajentamiseen.

Työn aiheen valintaan Lujabetonin kehitysyksikön puolelta vaikuttivat rakentamisessa jatkuvasti kiristyvät aikataulut ja yhä kireämmät rakentamiskustannukset. Uuden hybridivälipohjan avulla vähennetään työmaalla tapahtuvia valukertoja sekä perinteisen välipohjan vaatimia työvaiheita. Työvaiheiden vähentymisen seurauksena säästetään aikataulussa ja rakentamiskustannukset pienentyvät.

Tutkimus tehdään ennakkokokeiden avulla, joissa helposti tasoittuvan saumabetonin eli HTS-betonin toimivuutta yhdessä paksujen ontelolaattojen kanssa tutkitaan. Tutkimukset tehdään laboratorio- ja tehdasolosuhteissa ennen betonin toimittamista todelliselle rakennustyömaalle.

2 TUTKITTAVAN BETONIN TAUSTAA

HTS-betoni eli helposti tasoittuva saumabetoni on Lujabetoni Oy:n uusi valmisbetonituote, jonka rakenne ja kehitystyö perustuvat aiempiin itsetiivistyviin eli IT-betoneihin (ITB). HTS-betonin olennainen ero itsetiivistyviin betoneihin on, että sillä voidaan tehdä tasaisia vaakasuoria valupintoja. IT-betonilla vaakasuoran pinnan teko ei onnistu, vaan pinnasta tulee selvästi epätasainen. Tämä ilmiö johtuu siitä, että HTS-betonissa on enemmän hienoainesta ja betoni on hieman IT-betonia jäykempää. Erittäin löysässä IT-betonissa runkoaineessa olevat kivet painuvat vaakasuorassa valupinnassa kohti valun pohjaa, jolloin vaakasuoran valun pinnasta syntyy epätasainen. Itsetiivistyvä betoni on melko uusi keksintö, joka on lähtöisin Japanista. (Kovanen, Tuomainen & Ruuska 28.10.2011.)

Ontelolaattavälipohjissa käytettävältä laattojen saumaukseen tarkoitettulta betonilta, eli tässä työssä saumabetoniksi kutsutulta betonilta edellytetään erittäin suurta notkeutta, jotta ontelolaattojen välisten kapeiden ja korkeiden saumojen täyttyminen on mahdollista. IT- ja HTS-betonit ovatkin tehonotkistimien, huokostimien ja betonin hienoainesten tarkan hallinnan avulla kehitettyjä erittäin notkeita betonilaatuja. Suuren notkeutensa ansiosta HTS-betoni soveltuu niin laattojen saumabetoniksi, kuin ontelolaattojen päälle valettavan pintalaatan betoniksi. Vuosia sitten suomalaisten betonitoimittajien markkinoille tulleet IT-betoniin verrattuna Lujabetoni Oy:n HTS-betonilla on sellaiset tekniset ominaisuudet, joiden myötä se soveltuu myös pintalaatan betoniksi. IT-betoni on ollut elementti- ja paikallavalurakentamisessa käytössä jo vuosia, mutta se ei ole soveltunut välipohjien tasaisten vaakapintojen tekoon. IT-betonin avulla ole voitu kehittää tämän opinnäytetyön tutkimuksen aiheena olevaa hybridivälipohjaratkaisua. Lujabetoni Oy:n kehitysyksikön markkinoille tuoma HTS-betoni mahdollisti siis ensimmäisen kerran ontelolaattojen saumauksen sekä pintalaatan valamisen samalla valukerralla. (Kovanen, Tuomainen & Ruuska 28.10.2011.)

Ensimmäiset IT-betonivalut on suoritettu Lujabetoni Oy:ssä vuonna 2002. Vuonna 2007 aloitettiin IT-betonin käyttö elementtituotannossa Siilinjärven tehtaan maatalouslementeissä. Valmisbetonimyyntiin itsetiivistyvä betoni tuli Lujabetoni Oy:ssä vuonna 2004. Helposti tasoittuva lattiabetoni (HT-betoni) tuli Lujabetoni Oy:n markkinoille vuonna 2007. HT-betonista, jonka esikuva on otettu Tanskasta, kehitti Lujabetonin kehitysyksikkö edelleen helposti tasoittuvan saumabetonin, HTS-betonin. Tanskassa käytössä olevista lattiabetoneista 80 % on laavabetonia. Tanska on Euroopan valtioista laavabetonilattioiden edelläkävijä. (Kovanen 28.10.2011.)

2.1 Betonin notkeusmittaukseen käytettävät menetelmät

Luja-hybridivälipohjassa käytetään helposti tasoittuvaa saumabetonia, eli lyhennettyinä HTS-betonia. Betonin kehitystyö perustuu aiemmin Lujabetonin markkinoille tuomiin IT-betoneihin. Näiden betonilaatujen ero perustuu betonin hienoainesmäärään, tehonotkistimien ja huokostimien käyttöön. Silminnähtävä ero IT- ja HTS-betonissa on tuoreen betonimassan notkeus. IT-betonin ja HTS-betonin vertailun mahdollistamiseksi täytyy määritellä betonin notkeusmittaukseen käytettävät menetelmät.

Tuoreen betonimassan notkeuden mittaamenetelmät määritellään SFS-Standardeissa. Standardi SFS-EN 12350-2 määrittää painumakokeen ja SFS-EN 12350-5 leviämäkokeen virallisen toteutustavan. Itsetiivistyvän betonin ja helposti tasoittuvan saumabetonin, eli HTS-betonin ero on pääasiassa hienommassa runkoainesuhteituksessa sekä notkeudessa. Betonin notkeusmittaukseen käytettävä menetelmä on joko kartiopainuma- tai kartioleviämäkoe. (Tarasmaa 2010, 18.)

Leviämäkokeessa kartio asetetaan nokka alaspäin (SFS-EN 12350-5, 29) ja painumakokeessa nokka eli terävä kärki ylöspäin (SFS-EN 12350-2, 13). Painumamittauksessa kartio täytetään betonilla, ja se nostetaan pois, jonka jälkeen mitataan hieman kartion muodosta laskeutuneen betonimassan ja muottina käytetyn noin 10-litran kokoisen kartiomuotin korkeuden erotusta (SFS-EN 12350-2, 13). IT-betonien ja tässä opinnäytetyössä käsiteltävän HTS-betonin notkeudenmittaukseen painumakoe ei sovellu, koska betonion niin notkeaa, että notkeuden mittaus painumakokeella on mahdotonta. Erittäin notkeiden betonilaatujen notkeuden mittaukseen käytetään leviämäkoetta. Leviämäkokeessa kartio on asetettu siten, että se kapenee alaspäin. Kartio täytetään betonilla ja sitä nostetaan ylöspäin, jolloin saadaan lähes pyöreä leviämä. Leviämän halkaisija mitataan ja sen avulla saadaan mitattu tulos betonin notkeudesta. (SFS-EN 12350-5, 29; Tarasmaa, 2010, 18.)



Kuva 1. Kartioleviämämittaus Siilinjärven koevalussa käytetystä betonimassasta. Kuvassa massan leviämä on noin 650 mm. Oikealla mittausvälineenä käytetty kartionokka alaspäin. Kuva Ossi Mönkkönen

2.2 Itsetiivistyvä betoni

Itsetiivistyvän betonin valmistus perustuu uudentyyppisten tehonotkistimien käyttöön sekä betonin side- ja kiviaineiden hienopään entistä huomattavastitarkempaan hallintaan. Itsetiivistyvän betonin valmistus alkoi 1990-luvulla, jolloin betonin lisäaineena käytettävät tehonotkistimet tulivat käyttöön. IT-betoni tiivistyy omalla painovoimallaan eikä siten tarvitse lisätiivistystä tärytyksen muodossa. Se samalla myöskin leviää omasta painostaan. IT-betonit ovat todella notkeita eli niiden kartioleviämä on tyypillisesti yli 600 mm japarhaimmillaan jopa 750 mm. Notkeus ei kuitenkaan ole ainoa tärkeä ominaisuus. IT-betonin on oltavahyvin koossapysyvää, erottumatonta ja melko helppolevitteistä massaa pysyäkseen koossa eri valutilanteissa. Onnistuneesti suhteitettuna ja oikeaoppisesti valettuna se sitten tarjoakintiviin, huokosettoman ja tasavärisen betonipinnan vaikeissakin valutilanteissa. (Vuorinen 2001.)

2.3 IT-betonin ja HTS-betonin keskeiset erot

Toisin kuin Luja HT- ja HTS-betoneilla, IT-betonilla ei voida tehdä vaakasuoraa valupintaa. Vaakasuorassa valupinnassa IT-betoni muodostaa ”appelsiinimaisen” karkean pinnan, joka ei sovellu pinnoitusvalmiiksi lattiarakenteeksi. Karkean pinnan muodostuminen johtuu IT-betonin erittäin suuresta notkeudesta, jonka seurauksena runkoaineessa olevat kivet painuvat kohti vaakasuoran valun alapintaa. Mikäli IT-betonia tiivistetään valun aikana, korostuu pinnan epätasaisuus entisestään. HTS-betoni on valmistuksen. (Kovanen & Ruuska 28.10.2011.)

2.4 HTS-betoni

HTS-betonin valmistus perustuu samoihin menetelmiin kuin IT-betoneidenkin. Betonissa käytetään lisäaineina tehonotkistinta ja huokostinta. HTS-betonissa käytetään kuitenkin hienompaa runkoainesuhteitusta, jotta betoni on riittävän hienorakenteista täyttääkseen ontelolaattojen ohuet saumat ja vaakasuoran pinnan teko on mahdollista. HTS-betonin maksimiraekoko eli runkoaineena käytettävän kiviaineksen maksimiraekoko vaihtelee 8 ja 12 mm:n välillä. IT-betonin maksimiraekokoko on vastaavasti 12mm tai sitä suurempi. HTS-betoni on hieman IT-betonia jäykempää eli sen kartioleviämä on tyypillisesti 600-670 mm, kun IT-betonilla leviämä voi olla jopa 750 mm. HTS-betonin notkeus saadaan aikaan oikealla hienoainesmäärällä ja tehokkailla tehonotkistimilla. (Kovanen & Ruuska 28.10.2011.)

Toisin kuin IT-betoni, joka nimensä mukaisesti tiivistyy itseksensä, HTS-betoni tarvitsee tiivistyksen. Pintavalun tiivistystä ei kuitenkaan tehdä perinteisellä sauvatäryttimellä, vaan siihen on kehitetty erityinen muovinen työkalu, jota kutsutaan ratsuksi. Hybridivälipohjan tasaisen pinnan muodostuminen perustuu tekniikkaan, jossa betonimassa tiivistetään ratsua käyttäen, yleensä kahteen suuntaan. Betonimassaan muodostuu tämän työvaiheen jälkeen ”lasinen” todella sileä valupinta. Betonin kevytystä eli tiivistys tehdään välittömästi saumaustyön jälkeen valun edetessä, jolloin saadaan aikaan pinnoitettavaksi kelpaava lattiapinta. (Kovanen & Ruuska 28.10.2011.) Kevytytyö on oikeanlainen suorittaminen on edellytys hybridivälipohjan tasaiselle laadulle. *Työtavoilla on tasaisen ulkonäön saavuttamisessa aivan yhtä suuri merkitys kuin betonimassan koostumuksellakin (Betonilattiat 2002, 110).*



Kuva 2. HTS-betonimassan tiivistys muovisella työkalulla eli "ratsulla" Siilinjärven koevalussa 29.9.2011. Kuva Ossi Mönkkönen

"Ratsulla" (kuvassa 2) tehdään edestakaista liikettä, jolloin betonimassan pinta tiivistyy ja muodostuu kuvan yläreunassa näkyvä lasimainen lattiapinta. Valun paksuutta seurataan yleensä tasolaseria apuna käyttäen, jotta pintalaatan paksuus pysyy oikeanlaisena ja välipohja muodostaa vaakasuoran pinnan.

3 TAVALLINEN ONTELOLAATTAVÄLIPOHJA

Tavallisella jo vuosia käytössä olleella menetelmällä valettaessa ontelolaattojen saumaustyö suoritetaan ensin. Saumabetonin annetaan kovettua päiviä, tai jopa viikkoja ennen pintalaatan valua. Saumabetonin riittävän kovettumisen jälkeen ontelolaattojen pinnoilta poistetaan laattojen pinnalle saumaustyön aikana levinneet betoniroskeet, jonka jälkeen voidaan valaa ontelolaattavälipohjan päälle pintalaatta.

Seuraavasta kuvasta voidaan nähdä, miten saumausbetonia levitetään ontelolaattojen pinnalle, sitten se työnnetään puuvartista lastaa apuna käyttäen elementtien saumoihin. Perinteisessä ontelolaattavälipohjassa tämä muodostaa yksittäisen työvaiheen. Hybridivälipohjaa käytettäessä betonoidaan ensin palkkien ja ontelolaattojen väliset saumat. Saumojen täyttämisen jälkeen valetaan samalla valukerralla laattojen pinnalle halutun paksuinen kerros, jolloin saumabetoni ja pintalaatta muodostavat yhtenäisen paikallavaletun betonirakenteen. Tämä valmistusmenetelmä erottaa perinteisen ontelolaattavälipohjan ja Luja-hybridivälipohjan toisistaan.



Kuva 3. Saumojen täyttäminen perinteisellä menetelmällä K30 lujuusluokan saumausbetonia käyttäen. Betonimassaa leviää laattojen pinnalle, joka aiheuttaa puhdistustyövaiheen kovettuneen sementtiliiman poistamiseksi ennen pintalaatan valua.

Kuva Ossi Mönkkönen

3.1 Työmenekki perinteistä menetelmää käytettäessä

Työryhmä onteloiden saumausvalussa on yleensä 4 rakennusmiestä ja yksi työnjohtaja. Saumojen täytyminen täytyy varmistaa sauvatärytintä käyttäen, koska tavallinen saumausbetoni on HTS-betonia jäykempää.

Ontelolaattojen saumojen täyttäminen tapahtuu työntämällä betonimassaa saumoihin puuvartista ns. ”siivouslastaa” apuna käyttäen. Saumojen täyttymisen varmistaminen perustuu silmämääräiseen havainnointiin, sekä lapion, siivouslastan ja harjan käyttöön. Massaa sullotaan saumoihin ja sen jälkeen betonimassaa tärytetään sauvatäryttimellä, jos saumojen riittävä täyttymien vaikuttaa epävarmalta. Saumabetonintia suoritettaessa massaa levitetään yleensä betonipumppua apuna käyttäen ontelolaattojen saumojen kohtiin, mutta saumoihin tarvittavan määrän silmämääräinen arvioiminen on vaikeaa. Betonimassaa joudutaan siksi jälkeensä kantamaan lapiolla kohtiin, joissa saumat eivät ole täytyneet riittävästi. Tämä raskas käsin tehtävä työmenetelmä on sellainen, jonka poistamiseen hybridivälipohjan käytöllä pyritään.

3.2 Perinteisen ontelolaattavälipohjan etuja

Perinteistä ontelolaattavälipohjaa käytettäessä on etuna se, ettei elementtivälipohjan suunnitteluratkaisulla ole merkitystä siihen, voidaanko perinteistä saumausbetonia käyttää. Kaikki elementtivälipohjien suunnitteluratkaisut soveltuvat perinteisen saumausbetonin käyttöön. Hybridivälipohjan käyttö edellyttää sen kanssa yhteensopivaa betonielementtien suunnitteluratkaisua, koska ulkoseinäelementtien tulee toimia pintalaatan reunamuottina (kuva 17, sivulla 39).

Perinteisen ontelolaattavälipohjan etuna on myös menetelmän nopeus ja helppous runkovaiheessa. Saumaustyö onnistuu tavalliselta rakennusmieheltä helposti, mutta pintalaatan teko jää tässä vaiheessa kokonaan pois. Perinteistä saumausbetonia käytettäessä rakennusmiehet hoitavat saumaustyön, mutta pintalaatan valuun tai plaanourakkaan eli pumpputasoitetyöhön joudutaan käyttämään aliurakoitsijaa. Kokenut rakennusmies pystyy hoitamaan hybridivälipohjan valmistuksen riittävän opastuksen jälkeen. Hybridivälipohjan käyttö edellyttää, että valmisbetonin toimittaja pystyy opastamaan rakennusliikkeiden omille työntekijöille tarvittavat työvaiheet. Aliurakoitsijaa ei välttämättä tarvitse kuitenkaan jättää pois, koska betonilattioiden valmis-

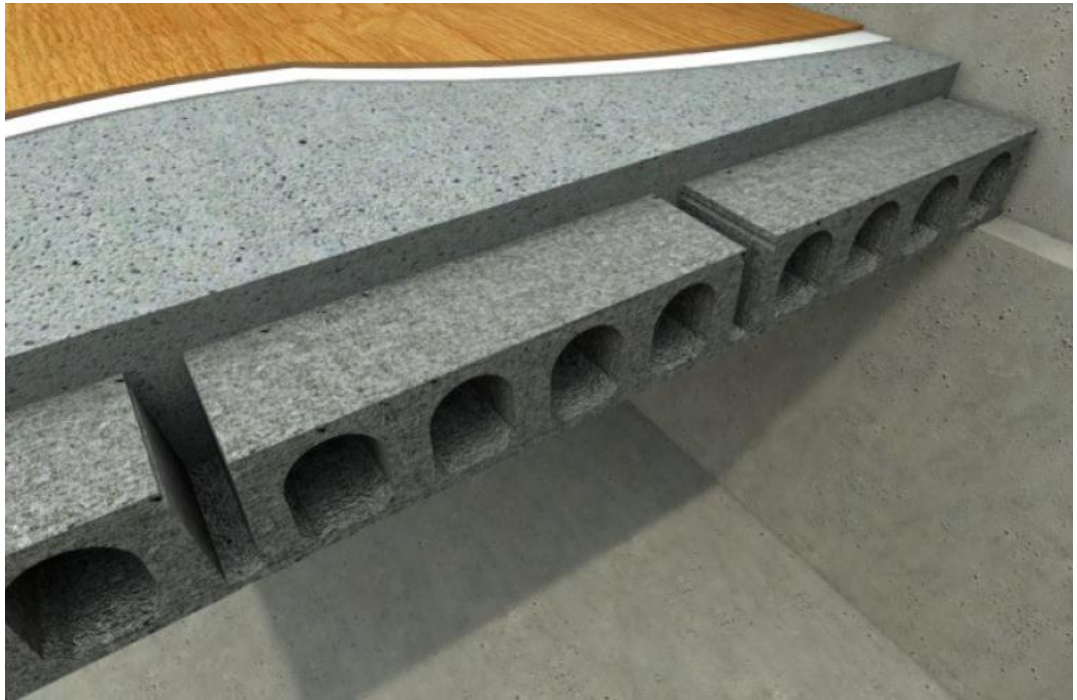
tukseen erikoistunut lattiamies saa hybridivälipohjan käytön avulla aikaan hyvän lattiapinnan nopeasti.

3.3 Ontelolaattojen saumaustyössä havaittuja ongelmia

Ongelmakohtia niin perinteisessä rakenteessa kuin hybridivälipohjassakin ovat edellisessä kuvassa (kuva 3) näkyvät leukapalkkien ja ontelolaattojen liitoskohdat. Kuvassa ontelolaatat kulkevat kuvan vasemmasta reunasta ja oikeaan reunaan ja laattoja kannatteleva leukapalkki kulkee kuvassa syvyysuunnassa. Sidosteräket kulkevat ontelolaattojen saumoja pitkin ja sitten kannatinpalkkien läpi, jolloin palkeissa olevien läpivientireikien täyttyminen on edellytys sidosterästen riittävälle tartuntalujuudelle. Ohuiden kanavien täyttymistä HTS-betonilla valettaessa tutkitaan tässä opinnäytetyössä erityisesti sitä varten kehitetyllä menetelmällä.

4 LUJA-HYBRIDIVÄLIPOHJA

Hybridivälipohja koostuu ontelolaattojen, saumavalun sekä pintalaatan yhdessä muodostamasta kokonaisuudesta. Hybridivälipohjaa voidaan kutsua myös paikallavaletuksi elementtivälipohjaksi. Ontelolaattojen saumauksen sekä pintalaatan valukertojen yhdistämisellä haetaan säästöä työvaiheiden vähenemisen, sekä rakentamisaikataulun nopeuttamisen avulla. Alla olevasta kuvasta käy ilmi, miten laattojen pystysuuntaiset saumat ja pintalaatta muodostavat yhtenäisen betonirakenteen.



Kuva 4. Lujahybridivälipohjan rakenne. Kuvassa ontelolaatat, joiden pystysaumoissa oleva HTS-betoni muodostaa yhtenäisen paikallavaletun rakenteen pintalaatan kanssa. Pintalaatan päälle voidaan asentaa pinnoitemateriaali ilman tasoitetyötä. Kuva Lujabetoni Oy. Lupa kuvan käyttöön saatu.

4.1 Hybridivälipohjan ääneneristävyys

Hybridivälipohja täyttää asuinrakentamisessa välipohjalle asetetut ääneneristävyysvaatimukset. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 huoneistojen väliselle välipohjalle on asetettu ilmanääneneristävyysvaatimukseksi $R_w > 55$ dB ja askelääneneristävyysvaatimukseksi $L'_{n,w} < 53$ dB. (Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1)

Hybridivälipohjan sekä perinteisen saumausbetonilla tehdyn ontelolaattavälipohjan muodostamien ratkaisujen vertailun mahdollistamiseksi Lujabetoni toteutti kaksi kerrostalokohdetta. Lujabetoni toteutti pilottikohteet Vantaalla, joissa tehtiin välipohjien kaksi vierekkäistä asuinkerrostaloa. Rakennukset ovat pohjaratkaisultaan lähes identtiset, joten vertaaminen on helppoa. Toisessa talossa käytössä oli perinteinen välipohjaratkaisu eli saumausbetoni ja pumpputasoite. Toisessa välipohjat tehtiin käyttäen Luja-hybridivälipohjaa.

Asunto-osakeyhtiö Vantaan Kotikoivun hybridivälipohjan ja perinteisen välipohjaratkaisun vertailussa tehtiin mittaukset välipohjien ääneneristävyydestä. Mittaus osoitti että hybridivälipohja täyttää asuintalon välipohjalle asetetut ääneneristävyysvaatimukset jo ohuita 200 mm ontelolaattoja käytettäessä. Tässä työssä tutkitaan hybridivälipohjan teknistä toimivuutta, kun käytössä on 320 mm, 400 mm ja 500 mm paksut ontelolaatat. Ääneneristävyysvaatimusten täyttymistä ei siis ole tässä tutkimustyössä tarpeellista selvittää.

4.2 Hybridivälipohjan etuja

Valukertojen yhdistämisen avulla haetaan säästöjä siten, että useita työvaiheita jää pois. HTS-betoni on perinteiseen saumabetoniin verrattuna kalliimpaa, jolloin perinteiseen välipohjaratkaisuun verrattuna sama betonimäärä tulee asiakkaalle kuutiohinnassa mitattuna kalliimmaksi. Useiden eri työvaiheiden poisjäämisen seurauksena lopullisiin kustannuksiin saadaan säästöjä, jolloin todelliset rakentamiskustannukset jäävät alhaisemmaksi. Tähän pohjautuu Lujabetoni Oy:n uusi innovaatio hybridivälipohja. Yksi valukerta jää pois, sauma ja lattiabetonointi tehdään yhdellä kertaa, rakentaminen etenee nopeasti, pinnan pumpputasoitetyö jää tarpeettomaksi. (Lujabetoni Oy:n hybridivälipohjaesite.)

4.2.1 Siivous työvaiheiden välillä

Työmaalla tapahtuva elementtisaumojen ja pintalaatan valun välillä välipohjalle kertyvän roskan ja rakennustarvikkeiden siivous jää pois. Perinteisesti ontelolaattojen saumauksen jälkeen välipohjalle varastoidaan erilaisia rakennustarvikkeita, jotka joudutaan sitten poistamaan pintavalun suorittamisen tieltä. Hybridirakenteessa valetaan pintalaatta ja saumat heti onteloiden asennuksen jälkeen. Tällaista menetelmää käytettäessä välipohjalle ei ehdi kertyä väliaikaisesti varastoitavia rakennustarvikkeita saumausvalun ja pintalaatan valukertojen välille jäävänä aikana. Hybridivälipohjaratkaisua käyttämällä pyritään välttämään tämä työmaan resursseja kuluttava työvaihe. Välisiivoukseen tarvittavat resurssit voidaan käyttää hyödyksi muissa työvaiheissa, jolloin työmaan aikataulu nopeutuu.

4.2.2 Saumabetonin leviäminen pystysaumoista ontelolaattojen pinnalle

Perinteisen valutavan, jossa ontelolaatat saumataan ensin, on todettua aiheuttavan saumabetonin leviämistä saumoista ontelolaattojen pinnalle. Saumauksen ajaksi ontelolaattojen pinnat tulisi suojata, tai betonin roiskuminen ontelolaattojen päälle tulisi muulla tavoin estää. Tähän ei kuitenkaan yleensä ole mahdollisuutta tai resursseja. Laattojen pinnan sotkeentuminen aiheuttaa työvaiheen, jossa ontelolaattojen pinta joudutaan hiomaan tai muutoin mekaanisesti puhdistamaan saumabetonin roiskeista. Keskikokoisella rakennustyömaalla, esimerkiksi tämän opinnäytetyön yhtenä tutkimuskohteena olevalla Lujatalon työmaalla, tämä työvaihe kestää 1-3 päivää. Hybridivälipohjaratkaisussa kyseinen työvaihe poistuu, koska pintalaatta valetaan välittömästi saumojen täyttämisen jälkeen. Saumojen täyttövaiheessa HTS-betonia leviää ontelolaattojen pinnalle, mutta siitä ei ole haittaa, koska betoniroiskeet eivät ehdi kuivua. Näin ollen roiskeita ei tarvitse poistaa, koska niillä ei ole vaikutusta pintabetonin tartuntalujuuteen. Pintalaatan ja ontelolaattojen välinen riittämätön tartuntalujuus johtaa pintalaatan irtoamiseen ontelolaatoista. Pintalaatan ja ontelolaattojen väliin syntyy vaakasuora rako. Irronnut pintalaatta on ongelma, jota on vaikea tai jopa mahdoton korjata. (Rönkkö 24.11.2011.)

4.2.3 Ontelolaattojen pystysaumojen täyttyminen

Perinteisellä saumausbetonilla valettaessa saumojen täyttymisestä ei ole aina varmuutta. Saumabetonin notkeus vaihtelee, ja paikoitellen ontelolaattojen saumat ovat niin kapeita, ettei sauvatärytin mahdu niihin. Perinteinen saumausbetoni vaatii siis yleensä mekaanisen tiivistämisen sauvatäryttimellä (Rönkkö 24.11.2011). Hybridivälipohjaratkaisussa käytettävä HTS-betoni on erittäin notkeaa kolmannen sukupolven tehonotkistimilla notkistettua betonimassaa. HTS-betonin täytyy olla notkeaa, jotta pintalaattaan saadaan tehtyä suora ja hyvälaatuinen valupinta muovista tiivistystyökalua eli ”ratsua” käyttäen. HTS-betoni siis samalla täyttää ontelolaattojen saumat sekä palkkien ja laattojen saumakohdissa olevat tartuntaterästen läpiviennit paremmin.

4.2.4 Poisjäävät työvaiheet

Hybridivälipohjassa pintalaatta valetaan välittömästi ontelolaattojen pystysaumojen täyttämisen jälkeen samalla valukerralla. Ontelolaattojen saumaus ja pintalaatan betonointi on siis hybridiratkaisussa kahden eri päivänä suorittevan työvaiheen sijaan yksi yhden päivän työvaihe. Yksi työvaihe ja usean päivän väliaika saumausvalun ja pintalaatan valun välillä jää pois. HTS-betonilla valettava pintalaatta tiivistetään siihen tarkoitetulla muovisella työkalulla, jolloin saadaan aikaan tasainen betonipinta, jonka kautta pinnan tasoitetyö vähenee.

Rakennusliikkeillä on mahdollisuus jättää perinteisessä välipohjaratkaisussa tarvittava betonilattian työstämisen suorittava aliurakoitsija pois. Riittävän tasaisten ja vaakasuorassa olevien betonilattioiden valmistaminen vaatii kuitenkin ammattitaitoa. Mikäli omat miehet saadaan perehdytettyä riittävän hyvin hybridivälipohjan valmistukseen, on mahdollista tehdä välipohjien lattiat omana työnä aliurakoinnin sijaan. Rakennusliikkeen omilla miehillä tehtävien ja aliurakoitsijan kautta tehtävien betonilattioiden työ kustannusten hintaeroja tässä opinnäytetyössä ei tutkita.

4.3 Hybridivälipohjan käytössä havaittuja ongelmia

Hybridivälipohjan käyttö edellyttää oikeanlaista suunnitteluratkaisua koko kohteen osalta. Ulkoseinäelementtien on oltava sellaiset, että niitä vasten tuleva pintalaatan valu on mahdollinen ilman suurella lisätyöllä tehtävää muottirakennetta. Tämän opinnäytetyön tutkimuskohteena olevalla Lujatalo Oy:n työmaalla on käy-

tössä perinteinen menetelmä, jossa saumausvalu ja pintalaatta tehdään erikseen. Perinteisellä menetelmällä rakennettaessa työvaiheet etenevät seuraavasti:

1. Ontelolaattojen saumat ja ontelolaattakentän ulkokehän saumat valetaan.
2. Saumojen annetaan kovettua.
3. Rakennusta korotetaan yksi kerros ennen pintalaatan valua.
4. Seuraavan kerroksen seinät toimivat pintalaatan valumuottina.

Kyseisessä toimistorakennuskohteessa ongelmaksi hybridivälipohjaratkaisulle tuli se, kuinka pintalaatan muottitekniikka toteutetaan käytännössä siten, ettei menetelmästä aiheudu tarpeetonta lisätyötä ja kustannuksia.

Lujatalo Oy:n esimerkkityömaalla, jota käytimme apuna tätä tutkimustyötä tehdessä, on käytössä kantaviin deltapalkkeihin perustuva järjestelmä. Hybridivälipohja ei sovellu tällaisen suunnitteluratkaisun kanssa käytettäväksi. Deltapalkkien kantavuus perustuu rakenteeseen, jossa saumausbetoni täyttää poikkileikkaukseltaan lierihatun muotoisen ontton rei'itetyn teräspalkin. Saumabetonitäytön jälkeen deltapalkki on jäykistetty ja se toimii oikealla tavalla kantavana rakenteena. Esimerkko-kohteessa suunniteltu ratkaisu toimi siten, että deltapalkit ja saumat valetaan ensin ja betonin annetaan sitten kovettua. Näin ontelolaattavälipohja on jäykistetty kantava rakenne. Seuraavassa työvaiheessa kantavan kerroksen päälle valetaan pintalaatta, johon tulevat lattialämmitysputket ja muut pintalaatan sisässä kulkeva talotekniikka. Hybridiratkaisulla deltapalkit jouduttaisiin täyttämään ensin, ja samalla valukerralla tekemään myös pintalaatta. Deltapalkkien sisässä olevalla betonilla ei siis ole aikaa kovettua, joten pintalaatasta aiheutuvan kuorman vuoksi kantavuus ei riitä. Ontelolaatat olisi tuettava alemmasta kerroksesta väliaikaista tuentaa käyttäen, kunnes hybridiratkaisussa käytettävä HTS-betoni on saavuttanut deltapalkeissa riittävän kantavuuden saavuttamiseksi tarvittavan lujuuden. (Rönkkö 24.11.2011.)

Deltapalkkeja käytetään harvoin yhdessä 400 ja 500 mm:n ontelolaattojen kanssa, koska niiden kantavuus on lähellä ylärajaa. Parempi ratkaisu on käyttää esimerkiksi leukapalkkeja, jolloin työnaikaista tuentaa ei tarvita. (Kovanen 12.3.2012.)

5 HYBRIDIVÄLIPOHJAN KÄYTÖN LAAJENTAMINEN

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan erilaisten, tutkimuksia varten kehitettyjen mallien avulla rakenteiden kohtia, jotka ovat olennaisia hybridirakenteen onnistumisen kannalta. Työssä tutkitaan hybridivälipohjan toimivuutta toimisto- ja liikerakentamisessa käytettävillä, vahvuudeltaan 320 mm, 400 mm ja 500 mm olevilla ontelolaatoilla. Tutkimuksissa pyritään mallintamaan erilaisia tekniikoita käyttäen mahdollisimman tarkasti todellisia hybridivälipohjan yksityiskohtia, joissa ongelmia voisi ilmetä. Vanerimuottien ja koevalujen avulla välipohjan toimivuus pystytään toteamaan ennen tuotteen markkinoimista asiakkaalle.

Hybridivälipohjan toimivuus asuinrakentamisessa käytettävillä ohuilla, vahvuudeltaan 200 mm olevilla ontelolaatoilla on Lujabetoni Oy:n pilottikohteiden kautta testattu. Lujabetonin Siilinjärven ja Kantolan tehtailla tehtyjen koevalujen avulla pyritään selvittämään, mitä ongelmia hybridivälipohjaa käytettäessä voi syntyä, kun kyseessä on vahvuudeltaan 400 ja 500 mm olevat ontelolaatat. Työn tavoitteena on tutkia sitä, miten hybridivälipohja käyttäytyy toimisto- ja liikerakennuksiin suunnitelluissa rakenneratkaisuissa.

5.1 Saumojen pystysuuntainen kutistuma

Olennainen asia hybridivälipohjan onnistumisen kannalta on myös se, että betonin pystysuuntainen kutistuma korkeiden pystysaumojen kohdalla on riittävän pieni. Korkeissa ontelolaattojen välisissä pystysaumoissa tapahtuva betonin pystysuuntainen kutistuma aiheuttaa helposti painaumuja pintalaattaan alla olevien ontelolaattasaumojen kohdalle.

Siilinjärvellä tehtiin koe, jonka avulla tutkittiin HTS-betonin pystysuuntaista kutistumaa ontelolaattojen välisissä pystysaumoissa. Kyseisessä kutistumamittauksessa havaittiin, että varsinainen pystysaumoissa tapahtuva kutistuma on vähäinen. Muutos tapahtuu melkein välittömästi betonivalun päättymisen jälkeen, plastisen vaiheen eli betonin varhaisiän aikana. *”Kyseessä ei ole todellinen betonin kutistuma, joka tapahtuu myöhemmin, vaan ilmiö tapahtuu heti valun jälkeen, kun betonimassan sitoutuminen alkaa. Ilmiö tapahtuu plastisen eli varhaisvaiheen aikana.”* (Tuomainen 30.11.2011.)

Betonimassa painuu valun jälkeen saumojen keskikohdalta alaspäin. Kokeessa havaittiin myös, että plastisen vaiheen painuma on huomattavasti suurempi leveissä ja korkeissa saumoissa, kuin matalissa ja kapeissa.

Plastisen vaiheen painuma ontelolaattojen välisissä pystysaumoissa aiheuttaa aaltoilua pintalaattaan, koska pintalaatta yhtenäisenä rakenteena saumabetonin kanssa painuu alaspäin saumojen kohdalta. Saumojen pystysuuntaisen kutistuman mittaukseen kehitettiin erityinen menetelmä. Koevalua varten kehitetyn vanerimuotin avulla pystysuuntaista kutistumaa pystyttiin mittaamaan, kun kyseessä on eri saumavahvuuksia.



Kuva 5. Oikealla vanerimuotti, jonka avulla mallinnettiin erivahvuisia ontelolaattojen välisiä pystysaumoja. Vasemmalla muotti, jonka avulla mallinnettiin leukapalkin molemmiin puoliin olevia pystysaumoja, sekä palkin läpivientireikiä. Kuva Ossi Mönkkönen.

Kutistumamittausta varten suoritettu koevalu tehtiin 25.11.2011. Seuraavasta taulukosta käy ilmi, että viisi päivää myöhemmin suoritetussa saumojen pystysuuntaisen kutistuman mittauksessa kutistuma on lähes sama, kuin kaksi viikkoa myöhemmin suoritetussa mittauksessa. Kapeissa 20 ja 40 mm:n sau-

moissa betoni ei ole painunut ensimmäisen ja toisen mittauskerran välillä ollenkaan. 60 ja 80 mm saumavahvuuksilla muutos mittauskertojen välillä on myös todella vähäinen.

TAULUKKO 1. Siilinjärvellä tehdystä koevalusta mitatut painumat saumoissa

Sauman leveys (mm)	Painuma 30.11.2011 (mm)	Painuma 9.12.2011 (mm)
20	0,3	0,3
40	0,3	0,3
60	1,3	1,5
80	3,2	3,5

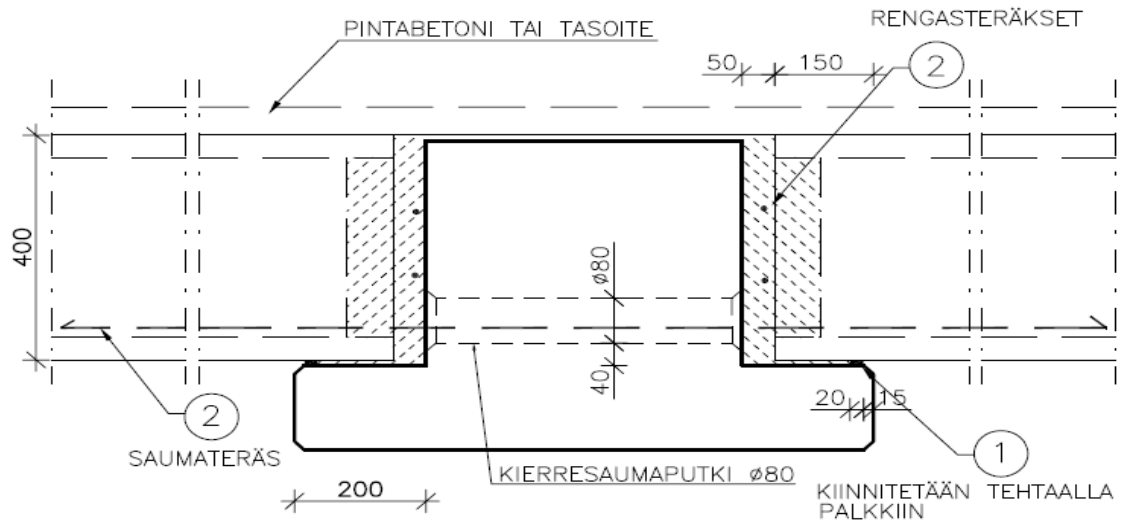
5.2 Kannatinpalkkien läpi kulkevat teräkset

Sellaisissa rakennuksissa, joissa käytetään välipohjaratkaisuna ontelolaattoja, perustuu rakennuksen rungon kantavuus kantaviin seiniin tai kantaviin pilareihin ja palkkeihin. Jotta palkit ja ontelolaatat muodostaisivat yhtenäisen, jäykän ja toimivan välipohjaratkaisun, täytyy elementtien yhdistämiseen käytettyjen sidosterästen tartuntalujuuden olla riittävä. Perinteisessä välipohjaratkaisussa saumausbetonin, ja tämän työn tutkimuskohteena olevan HTS-betonin on siis kyettävä täyttämään kaikki läpiviennit ja betonielementtien saumat riittävän hyvin, jotta sidosteräksille saadaan riittävä tartuntalujuus ympäröiviin elementteihin.

5.2.1 Leukapalkin läpi kulkevien sidosterästen tartuntalujuus

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin hybridivälipohjaratkaisun toimivuutta, kun kyseessä on kantavien pilareiden, leukapalkkien ja ontelolaattojen muodostama runko (kuva 6). Yhdeksi ongelmakohtaksi toimisto- ja liikerakennuksissa käytävissä rakenteissa todettiin kannatinpalkkien läpi kulkevien reikien (kuva 6) täyttyminen HTS-betonia käytettäessä. Seuraavassa kuvassa (kuva 6) näkyy, miten ontelolaatat on kannatettu leukapalkin avulla. Leikkauspiirroksessa (kuva 6) näkyy myös pistekatkoviivalla palkin läpi kulkeva, halkaisijaltaan 80 millimetriä oleva läpivientireikä. Palkin läpi kulkevasta reiästä viedään läpi saumateräs, joka on merkitty kuvassa (kuva 6) numerolla kaksi. Leikkauspiirroksessa (kuva 6) näkyvä

palkin molemmin puolin oleva vinoviivoitettu alue ja nuolella merkitty pintabetoni muodostavat hybridivälipohjan.



Kuva 6. Poikkileikkaus leukapalkin ja ontelolaattojen liitoksesta. Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

5.2.2 Leukapalkissa olevan läpivientireiän täyttymisen tutkinta

Seuraavassa kuvassa näkyvä, halkaisijaltaan 80 mm oleva kierresaumaputki muodostaa leukapalkkiin läpiviennin. Läpiviennin täyttymistä varten kehitettiin erityinen muotti, jonka avulla pystyttiin havainnollistamaan betonin tunkeutumista läpivientiputkeen. Palkeissa olevien läpivientien kautta kulkevat ontelolaattavälipohjan sidosteräket. Sidosterästen tartuntalujuus perustuu ympäröivään saumabetoniin, eli tässä tutkimustyössä HTS-betoniin. Putken täytyttyä sidosterästä ympäröi riittävä betonipeite, jonka seurauksena saadaan aikaan riittävä tartuntalujuus terästen vastaanottamia vetokuormia vastaan.



Kuva 7. Vanerista ja laudasta tehty muotti, jossa kaksi pystysaumaa yhdistetään läpinäkyvällä muoviputkella, joka kuvaa leukapalkin läpivientiä. Läpinäkyvän putken avulla voitiin helposti havaita betonimassan kyky täyttää läpiviennit. Kuva Ossi Mönkkönen

Betonia valutettiin toisen puolen pystysaumaa kuvaavasta raosta ja putken täyttymistä seurattiin samanaikaisesti. Koevalun aikana havaittiin HTS-betonin olevan niin notkeaa, että putki täyttyy ongelmitta.

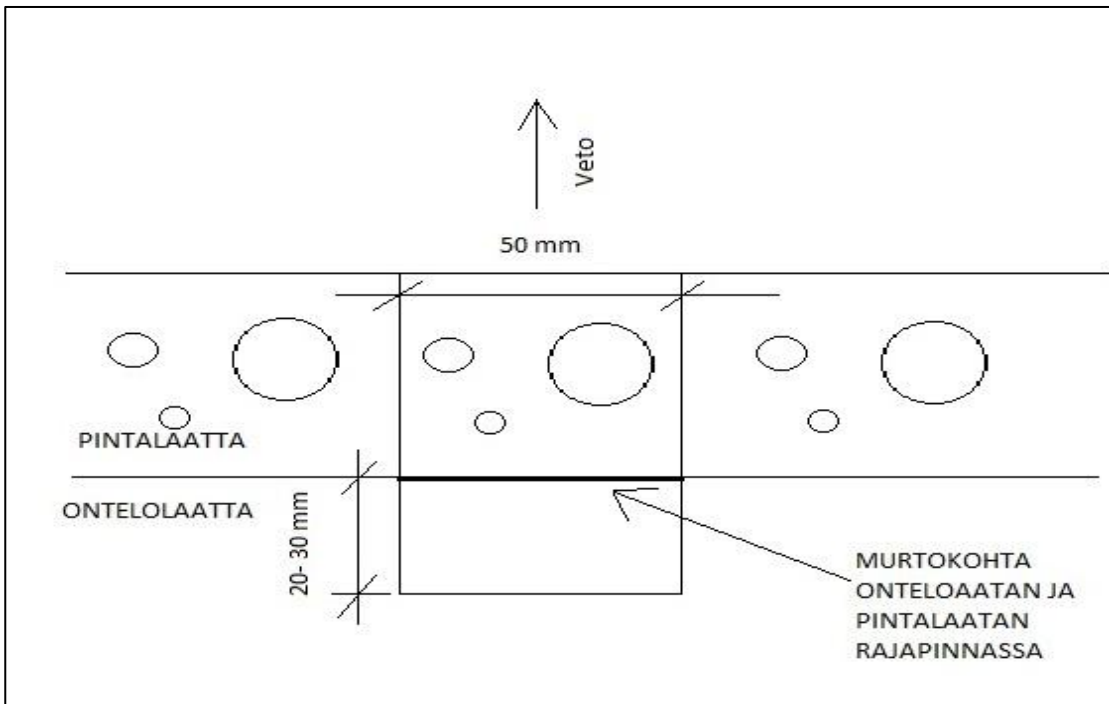


Kuva 8. Valun jälkeen leukapalkin läpivientireikää kuvaava putki irrotettiin muotista. Kuvasta nähdään, että putki on täyttynyt HTS-betonilla täydellisesti. Kuva Ossi Mönkkönen

5.3 Pintalaatan ja ontelolaatan välinen tartuntalujuus

Standardi SFS 5446 määrittää kerroksittain valettujen betonilaattojen kerrosten välisen tartuntalujuusmittauksen suoritusmenetelmän. (SFS 5446.) Siilinjärven tehtaalla valettiin kaksi kappaletta hybridivälipohjia pienoiskoossa, jotka sitten siirrettiin Savonia-Ammattikorkeakoulun rakennusfysiikan laboratorioon tutkittavaksi. Koevaluja varten kahden kooltaan 1000 x 1200 mm ontelolaattakappaleen päälle valettiin paksuudeltaan 60 mm olevat pintalaatat HTS-betonilla, ja näin syntyi pienoiskoossa kaksi kappaletta Luja-hybridivälipohjia.

Pintalaatan ja ontelolaatan välisessä tartuntalujuuden mittausmenetelmässä halkaisijaltaan 50mm olevalla poralla porataan pintalaatan läpi siten, että näin syntynyt lieriön muotoinen kappale voidaan vetää irti pintalaatasta. Lieriön muotoinen kappale on siis ympäriltään irti muusta pintalaatasta, jonka jälkeen siihen liimataan vetolaitetta varten tarvittava vetonnasta. Liiman annetaan kuivua, jonka jälkeen nastasta voidaan vetää porauksen seurauksena syntynyttä lieriön muotoista kappaletta laatan pintaa vastaan kohtisuoraan (kuva 9) siihen kehitetyllä mittauslaitteella. Kappale irtaana laatasta, jonka jälkeen irrottamiseen tarvittava voima jää laitteen muistiin, josta se luetaan. Tartuntalujuus saadaan muutettua yksikköön N/mm², kun jaetaan kappaleen irrottamiseksi tarvittava voima lieriön poikkipinta-alalla. (SFS 5446, 147.)



Kuva 9. Poikkileikkaus porauksen seurauksena syntyvästä lieriön muotoisesta kappaleesta. Tartuntalujuuden mittauksessa pintalaatan kappale irtaana ontelolaatan ja pintalaatan saumakohdasta, kun vetolujuus ylittää tartuntalujuuden. Kuva Ossi Mönkkönen

5.3.1 Savonia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa suoritettu tartuntalujuusmittaus

Tartuntalujuuden mittauksessa havaittiin, että kappaleet, jotka oli tarkoitus irrottaa vetolaitetta käyttäen irtosivat jo porausvaiheessa. Kappaleen ympärillä pyörivän terän kitka aiheutti sen, että kappale alkoi pyöriä poran terän mukana. Tartuntalujuus oli siis niin olematon, että varsinaiseen lujuuden mittausvaiheeseen asti ei päästy. Työssä pohdittiin syitä sille, miksi tartuntalujuus on niin huono ja todettiin, että laboratoriokoetta varten pienoiskoossa tehty koelaatta oli valettu väärää tekniikkaa käyttäen. Koevaluna tehty tukkilavan kokoinen hybridivälipohja ei vastannut todellista hybridivälipohjaa, koska siinä ei ollut huomioitu ontelolaattojen välisiä pystysaumoja ollenkaan. Ohut raudoittamaton pintalaatta kohosi laatan ulkoreunoilta, ja irtosi ontelolaatan pinnasta, kun pystysaumojen pystysuuntainen tartuntalujuus puuttui. Pintalaatta oli siis irronnut ontelolaatan pinnasta jo ennen tartuntalujuusmittausta.



Kuva 10. Lieriön muotoiset kappaleet, jotka irtosivat pintalaatasta porausvaiheessa ennen varsinaisen tartuntalujuusmittauksen aloittamista. Kuva Ossi Mönkkönen

Yllä olevassa kuvassa (kuva 10) näkyvien betonisten lieriöiden olisi pitänyt pysyä kiinni reikien pohjalla näkyvässä ontelolaatassa siten, että lieriön ympärille jää ainoastaan poranterän aiheuttama ohut sauma. Kappaleet oli tarkoitus vetää irti ontelolaatan pinnasta, ja saada siten tartuntalujuus selville.

5.3.2 Rakennustyömaalla suoritettu tartuntalujuuden mittaus

Lujabetonin pilottikohde Asunto-osakeyhtiö Vantaan Kotikoivu, johon hybridivälipohjaa on testattu, sijaitsee Vantaalla. Hybridivälipohjan toimivuutta on kyseisessä kohteessa verrattu perinteiseen ontelolaattavälipohjaan siten, että vierekkäin on tehty kaksi lähes samanlaista asuinkerrostaloa. Toisessa talossa välipohjana käytettiin Luja-hybridivälipohjaa, ja toisessa perinteistä välipohjaratkaisua. Kyseessä on asuinrakennus, jossa käytettiin vahvuudeltaan 320 mm ontelolaattoja. Kohteen tulokset eivät siis ole kaikilta osin käyttökelpoisia, kun tutkitaan hybridivälipohjan toimivuutta 400 ja 500 mm vahvaisilla laatoilla. Kohteessa suoritettiin pintalaatan ja ontelolaatan välinen tartuntalujuuden mittaus työmaalla. Vantaan asuinkerrostalotyömaalla mitatut

pintalaatan ja ontelolaatan väliset tartuntavetoluusmittausten tulokset ovat kuitenkin hyödynnettävissä tässä tutkimuksessa, koska tartuntaluusmittausta varten kappaleet porataan ontelolaatan päältä, jolloin ympäröivien saumojen sauman korkeudella ei ole merkitystä.

Tartuntalujuuden mittaus suoritettiin Vantaalla Asunto-osakeyhtiö Kotikoivun työmaalla 1.4.2011. Tartuntalujuus määritettiin kuudesta satunnaisesti poratusta kappaleesta. Kyseisellä työmaalla suoritettu mittaus osoitti että HTS-betonin tartunta ontelolaataan on hyvä. Mittauksessa mitattu alin pintalaatan ja ontelolaatan välinen tartuntalujuus oli 1,8 MPa, joka on hyvä tulos.

Tartuntavetokokeet 1.4.2011		Tartutaveto N/mm²	Murtokohta
3/3	3,5	1,8	Alusta petti
4/2	5,2	2,6	Alusta petti
3/1	4,7	2,4	HTS
3/1	6,6	3,4	HTS
3/2	5,8	3,0	Ontelolaatta
2/1	5,9	3,0	Onetelolaatta

Kuva 11. Kuuden satunnaisesti otetun tartuntaluusmittauksen tulokset Vantaan Kotikoivun työmaalla. Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

5.4 Hybridivälipohjan pinnan tasaisuus

Lujabetonin Siilinjärven ja Hämeenlinnan Kantolan tehtailla valettiin koevaluina noin 50 neliömetrin suuruiset hybridivälipohjat. Kokeessa hybridivälipohjan toimivuutta testattiin 320 mm ja 500 mm vahvaisilla ontelolaatoilla. Koevalua varten ontelolaatat asennettiin maanvaraisesti siten, että ontelolaatat olivat vierekkäin ja vastasivat todellista ontelolaattavälipohjaa. Ontelolaattakenttien ympärille tehtiin vanerimuotit, joiden avulla oli mahdollista tehdä myös pintalaatta, kun vanerimuotit ontelolaattakenttien ympärillä toimivat valumuotteina.



Kuva 12. Lujabetonin Hämeenlinnassa sijaitsevalla tehtaalla koevalua varten tehty ontelolaattavälipohja. Kuvassa vahvuudeltaan 500 mm olevia ontelolaattoja. Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

Näiden kahden koevalun avulla tutkittiin saumojen täyttymistä, tulppien kestävyyttä ja valun jälkeistä saumojen kohdalla tapahtuvaa painumista. Koevaluissa syntyneiden hybridivälipohjien avulla pystyttiin havainnollistamaan myös pintalaatan tasaisuutta. Pintalaatan tasaisuudesta havainnoitiin tässä tutkimuksessa ainoastaan silmämääräisesti se, ilmestyykö ontelolaattojen saumakohtiin silminnähtävien havaittavia suuria painaumuksia. Koevalujen avulla arvioitiin myös tuoreen valupinnan laatua, joka osoitautui hyväksi. HTS-betoni muodosti koevalussa sileän lasimaisen lattiapinnan (kuva 2). Tarkempi tasaisuusmittaus suoritettiin kuitenkin todellisesta kohteesta, joka sijaitsee Vantaalla. Hybridivälipohjan pintalaatan tasaisuutta käsitellään tarkemmin kappaleessa viisi.

5.5 Pintalaatan kuivuminen

Koulun rakennuslaboratoriossa seurattiin pintabetonien kuivumista samoista pienoiskoossa tehdyistä hybridivälipohjista, joista pintalaatan ja ontelolaatan välistä tartuntalujuutta oli tarkoitus selvittää. Kosteusmittaus otettiin tutkimukseen lisätyönä, jolloin saatiin samalla tuloksia hybridivälipohjan kuivumisesta laboratorio-olosuhteissa.

Kosteusmittauksen avulla haettiin tuloksia, joiden avulla saatiin tietoa siitä, kuinka kauan hybridivälipohjan täytyy kuivua, jotta se on valmis pinnoitettavaksi. Koulun rakennusfysiikan laboratoriossa ilman lämpötila oli mittauksen aikana noin 15 astetta ja suhteellinen kosteus (RH) 40 %. Laattojen kuivumista seurattiin laboratorio-olosuhteissa kahden kuukauden ajan.

5.5.1 Kosteusmittaukseen käytetyt menetelmät

Hybridivälipohjassa HTS-betonilla valettujen pintalaattojen kosteusmittauksessa käytettiin kahta menetelmää. Kosteuksia mitattiin koulun rakennusfysiikan laboratoriossa olevalla Savonia Building Automation -järjestelmällä, jolla oli mahdollista suorittaa jatkuvaa mittausta siten, että kosteus ja lämpötilalukemat tallentuivat tunnin välein tietokoneen muistiin. Ohjelman avulla saatiin tehtyä kosteusmittauksista Excel-taulukko, josta kuivumisen seuranta oli helppoa. Toinen käytetty menetelmä oli Vaisalan HMI41 kosteusmittari, jolla mittaus suoritetaan käsin, ja tulokset kirjataan talteen. Kosteuksia mitattiin kahdella toisistaan riippumattomalla järjestelmällä, jotta saataisiin kosteuskokemuksista vertailukelpoisia tuloksia.

Ensimmäisessä tietokoneohjatussa tallentavassa mittausmenetelmässä pintalaatan läpi porattiin halkaisijaltaan 25 mm reikä noin 70 mm:n syvyydelle pintalaatan pinnasta mitattuna. Mittausta varten porattu reikä ulottui 1 cm ontelolaatan ja pintalaatan rajapinnan alapuolelle. Porattuun reikään upotettiin muovinen sähköputki, joka ulottui poratun reiän pohjaan saakka. Putken ja pintalaatan rajakohta, sekä putken sisään menevien mittausantureiden johtojen ympäritykset tiivistettiin sinitarralla. Savonia Building Automation järjestelmän annettiin tallentaa kosteusmittauksen tuloksia noin kaksi kuukautta. (Ruuska 2009, 60.)

Vaisalan mittarin antureille riitti halkaisijaltaan 16 mm oleva poranreikä ja sähköputki, koska mittausantureiden päät olivat pienemmät. Vaisalan mittarilla tehdyssä kosteusmittauksessa sähköputkia varten porattiin reiät, putket asennettiin ja niiden päät

tukittiin sinitarralla. Tämän jälkeen odotettiin kolme vuorokautta ilman suhteellisen kosteuden tasaantumista putken sisällä, jonka jälkeen asetettiin Vaisalan kosteusmittarin anturi putkeen, ja johdon ympärys sekä putken suu tiivistettiin sinitarralla. Sen jälkeen odotettiin puoli tuntia kosteusmittarin lukeman tasaantumista, ja kirjattiin mitattu tulos. Vaisalan mittarilla otettiin tuloksia satunnaisesti valittuina päivinä, jotta niitä voitaisiin verrata tallentavan järjestelmän tuloksiin. Käytettävän mittaussuunnitelman määrittämisessä käytettiin ohjeena Perttu Ruuskan tekemää opinnäytetyötä betoniväli­pohjien kuivumisen seurannasta. (Ruuska 2009, 60.)



Kuva 13. Kuvassa koulun laboratoriossa mitattu kosteus pienoiskoossa tehdystä hybridiväli­pohjasta. Kuvassa laattaan porattuun 70 mm syvyiseen reikään upotettu sähköputki, joka on tiivistetty sinitarralla. Vaisalan anturin mittapää on putken sisällä. Putken sisällä ilman suhteellinen kosteus 89,1 %, kuten mittarin näytöltä voidaan lukea. Kuva Ossi Mönkkönen

5.5.2 Kosteusmittauksen tulokset

Vaisalan HM141 Mittarilla otettiin satunnaisia tuloksia, jotta saataisiin jatkuvaa mittausta suorittavalle Savonia Building Automation –järjestelmälle vertailuarvoja. Taulukossa 2 on Vaisalan mittarilla satunnaisina aikoina otettuja kosteusmittauksen tuloksia. Taulukossa 3 on laskettu tallentavalla järjestelmällä tunnin välein mitatuista kosteuksista päivittäinen keskiarvo, jotta tuloksia voidaan verrata.

TAULUKKO 2. Savonia-Ammattikorkakoulun rakennustekniikan laboratoriossa mitatut rakennekosteudet koevalulaatoista. Mittaus Vaisalan HM141 mittaria käyttäen.

Mittauspäivä	Ontelolaatta 200 mm + HTS-betoni 60 mm (RH %)	Ontelolaatta 320 mm + HTS-betoni 60 mm (RH %)
16.12.2011	73,5	88,6
19.12.2011	74,7	91,6
27.12.2011	73,9	89,4
12.1.2012	66,5	91,5

TAULUKKO 3. Savonia-Ammattikorkakoulun rakennustekniikan laboratoriossa mitatut rakennekosteudet koevalulaatoista. Mittaus Savonia Building Automation –järjestelmää käyttäen.

Mittauspäivä	Ontelolaatta 200 mm + HTS-betoni 60 mm (RH %)	Ontelolaatta 320 mm + HTS-betoni 60 mm (RH %)
16.12.2011	70,9	69,7
19.12.2011	80,5	78,6
27.12.2011	82,1	81,5
24.1.2012	79,0	76,2

Kosteusmittauksen tuloksen perusteella havaittiin, että 200 mm ontelolaatalle valettu hybridivälipohja olisi pinnoitusvalmis molempien mittausten perusteella jo 16.12.2011, kun ilman suhteellinen kosteus (RH %) poratuista rei'istä suoritetuissa mittauksissa oli alle 85 %.

Paksummalle ontelolaatalle valettu hybridivälipohja ei alittanut 85 prosentin suhteellista kosteutta Vaisalan mittauksessa. Ero mittausten menetelmien välillä voi johtua esimerkiksi mittareiden kalibroinnista. Kosteusmittauksen tuloksesta voidaan kuitenkin päätellä, että hybridivälipohja kuivuu erittäin nopeasti pinnoitusvalmiuteen.

5.6 Tulppauksen pettäminen

Hämeenlinnassa tehdyssä koevalussa, jossa tutkittiin hybridivälipohjan toimivuutta 500 mm paksujen ontelolaattojen kanssa havaittiin, että ontelolaattojen päissä olevat muoviset tulpat eivät kestä betonin aiheuttamaa hydrostaattista painetta. Muovisten tulppien tarkoituksena on estää saumausvalun aikana betonimassan virtaaminen ontelolaattojen sisään, koska ilman tulppia ontelolaattojen päät olisivat täysin avoimet ja laatat täyttyisivät saumausvalun aikana kokonaan.



Kuva 14. Ontelolaattojen päissä olevat tulpat ovat tässä vaiheessa valua vielä paikoillaan. Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

HTS-betoni on niin notkeaa, että se aiheuttaa huomattavasti suuremman hydrostaattisen paineen, kuin normaali saumabetoni. Hydrostaattisen paineen vaikutuksesta ontelolaattojen päissä olevat tulpat rikkoontuvat ja betoni pääsee virtaamaan ontelolaattojen sisään. Ongelman poistamiseksi on jatkotutkimusaiheena sellaisten muovitulppien kehittäminen, jotka kestävät paremmin HTS-betonin aiheuttaman painerasituksen.



Kuva 15. Tulppaus on pettänyt ja ontelolaatta on täyttynyt betonilla. Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

6 TULOKSIA TODELLISESTA HYBRIDIVÄLIPOHJAKOhteesta

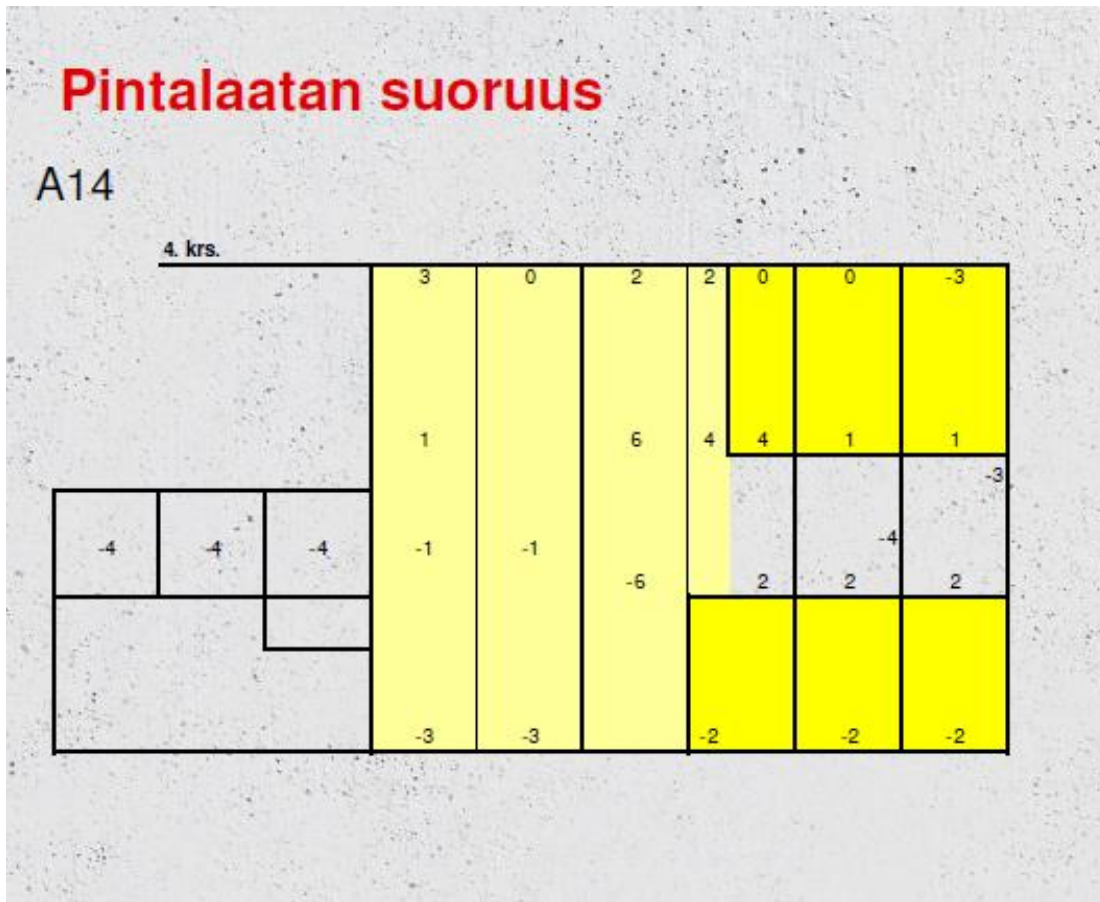
Luja-hybridivälipohjalla on toteutettu Vantaalla vuonna 2010 rakennettu asuinkerrostalo, Asunto Osakeyhtiö Vantaan Kotikoivu, jossa vertailun mahdollistamiseksi vie-reen tehtiin melkein samanlainen rakennus, jossa käytettiin perinteistä välipohjarat-kaisua. Kyseisessä kohteessa hybridivälipohjassa käytettiin 320 mm ja 200 mm pak-suja ontelolaattoja. Lisäksi tällä hetkellä Valkeakoskella on käynnissä oleva raken-nustyömaa, joka toteutetaan Luja-hybridivälipohjaa käyttäen.

6.1 Asunto Osakeyhtiö Vantaan Kotikoivu

Tämä kohde toimi Vantaan Kotikoivun asuinkerrostalokohteessa on suoritettu tekni-siä mittauksia seuraavista osa-alueista:

- pintalaatan suoruudet
- puristuslujuus laboratoriossa ja kohteessa
- lämpötilat ja lujuuden kehittyminen
- tehdyt kiihdytinkokeet
- pintalaatan tartunta
- kosteudenmittaukset
- havainnot: pinnan karheus halkeamat
- ääneneristävyysmittaukset.

Näiden mittausten tulokset ovat olleet hyviä. Pintalaatan ja ontelolaattojen välinen tartuntalujuus oli erinomainen, ääneneristävyys hyvä ja pintalaatan tasaisuudesta suoritettut mittaukset antoivat hyviä tuloksia. Kyseiset tulokset eivät kuitenkaan ole suoraan hyödynnettävissä tämän opinnäytetyön materiaaliksi, koska tarkoituksena oli tutkia rakenteen toimivuutta 400 ja 500 mm:n ontelolaatoilla, ja Vantaan kohde on toteutettu 320 mm ontelolaattoja käyttäen.



Kuva 16. As Oy Vantaan Kotikoivusta mitattiin pintalaatan suoruudet päätyhuoneistosta kerroksittain. Pohjapiirros neljännen kerroksen päätyhuoneistosta. Luvut kertovat pintalaatan tasaisuuspoikkeaman nollatasosta. Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

Pintalaatan tasaisuuspoikkeamat nollatasosta ovat pieniä. Esimerkiksi tässä neljännen kerroksen huoneistossa hybridivälipohjan pinnan suurin poikkeama nollatasosta on 6 millimetriä. Valupinnassa havaittiin olevan pieniä ilmakuplia, jotka aiheuttavat epätasaisuutta. Ongelma kuitenkin poistui, kun lattiat hiottiin auki kuivumisen takia. Ylimääräistä tasoitetyötä ei hybridivälipohjaa käytettäessä tarvittu.

6.2 Asunto Osakeyhtiö Valkeakosken Koulukatu 3

Valkeakoskella on vuonna 2011 aloitettu 36 huoneiston asuinkerrostalon rakentaminen. Kyseisessä kohteessa on käytössä hybridivälipohjaratkaisu. Rakennuksessa käytettävästä hybridivälipohjasta ei ole tehty teknisiä mittauksia, joiden avulla olisi mahdollista lukuarvojen tai muiden mitattujen tietojen kautta arvioida hybridivälipohjan toimivuutta. Kyseisessä kohteessa hybridivälipohjan käyttö perustuu aiempiin

onnistuneisiin kohteisiin, joten välipohjan toimivuutta kyseisessä asuinrakennuskoh-
teessa ei ole tarpeen tutkia. Kohteesta on löytyy kuitenkin valokuvamateriaalia, jonka
avulla voidaan todeta, miten sen suunnitteluratkaisu tukee hybridivälipohjan käyttöä.

Valkeakosken kohteessa elementtirakenne on hyvin yhteensopiva hybridivälipohjan
kanssa. Ulkoseinäelementit ulottuvat ontelolaattojen pintatasoon yläpuolelle, jolloin ne
toimivat pintalaatan valumuottina laatan ulkoreunalla. Muottityö välipohjan ulkoreu-
noilla jää tarpeettomaksi.



Kuva 17. Ulkoseinäelementit toimivat hybridivälipohjan pintalaatan muottina. Taustal-
la vasemmalla betonimassan tiivistystä siihen kehitetyllä työkalulla eli ns. "ratsulla".
Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

Hybridivälipohjaratkaisua asuinrakentamisessa käytettäessä on kosteiden tilojen lattiat tehtävä jäykällä tavallisella rakennebetonilla, jotta lattioihin voidaan tehdä riittävät kallistukset lattiakaivojen suuntaan. HTS-betoni on niin helposti tasoittuvaa, että sillä ei pystytä tekemään kallistettuja lattiapintoja. Siksi kosteiden tilojen lattiat, joissa tarvitaan kallistuksia, valetaan ensin normaalilla rakennebetonilla (kuva 17). Sama ohje koskee myös toimisto- ja liikerakennusten sosiaalitiloja.



Kuva 17. Kosteiden tilojen lattiat valetaan ensin normaalilla rakennebetonilla. Kuva Lujabetoni Oy Tuomo Kovanen. Lupa kuvan käyttöön saatu.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia sitä, onko hybridivälipohjan käyttöä mahdollista laajentaa toimisto- ja liikerakentamiseen pelkän asuinrakentamisen sijaan. Tavoitteena oli tutkia Lujabetonin kehittämän HTS-betonin toimivuutta, kun välipohjarakenteessa käytettävien ontelolaattojen paksuus kasvaa. Mielestäni erilaisten mallien avulla pystyttiin hyvin kuvaamaan niitä kohtia, joissa tulisi ilmenemään ongelmia paksuudeltaan 400 ja 500 mm olevia ontelolaattoja käytettäessä. Vanerista tehtyjen muottien avulla kuvattiin välipohjarakenteen yksityiskohtia. Koevalujen ja muottien käytön avulla tuloksia saatiin laboratorio-olosuhteissa. Mahdollisia ongelmakohtia voitiin tutkia etukäteen, eikä niitä tarvinnut havaita työmaalla ilmenevinä ongelmina. Lisäksi työn tutkimusmateriaalina käytettiin Lujabetonin jo toteuttamaa hybridivälipohjakohdetta, joka sijaitsee Vantaalla, sekä tällä hetkellä käynnissä olevaa kohdetta Valkeakoskella. Molemmat todelliset kohteet ovat asuinrakennuskohteita, joten niistä saatuja tuloksia ei voida suoraan käyttää hyväksi, kun työn tavoitteena oli tutkia hybridivälipohjan toimivuutta toimisto- ja liikerakennuksissa. Osa tuloksista, joita saatiin asuinrakennuskohteista, on kuitenkin käyttökelpoisia tämän työn taustatietona, koska perusrakenne on sama kuin toimisto- ja liikerakennuksissa.

Lujabetoni Oy:n tavoitteena oli tämän opinnäytetyön myötä saada tuloksia, joissa ei pelkästään tutkita mahdollisia ongelmakohtia, kun käytössä on 400 ja 500 mm:n paksuiset ontelolaatat, vaan myös verrataan puolueettomasti perinteisen välipohjan ja hybridivälipohjan hyötyjä ja haittoja. Työmenekkien vertailussa havaittiin, että samalla työryhmällä, joka tarvitaan perinteiseen ontelolaattojen saumaustyöhön, saadaan Luja-hybridivälipohjaa käyttäen valmista lattiapintaa.

Tutkimuksen jälkeen päädyttiin työn lopputuloksena siihen, että mikäli hybridivälipohjaa aiotaan käyttää yhdessä 400 ja 500 mm paksujen ontelolaattojen kanssa, vaatii tämä lisää kehitystyötä. Ongelmakohtaksi muodostui 500 mm paksuisia ontelolaattoja käytettäessä ontelolaattojen päissä olevien tulppien pettäminen. Tulpat eivät kestäneet HTS-betonin aiheuttamaa hydrostaattista painetta. Tässä onkin jatkotutkimusaihe. Ontelolaattojen päihin on kehitettävä sellaiset tulpat, jotka kestävät HTS-betonin aiheuttamaan hydrostaattisen paineen. Muissa tehdyissä kokeissa havaittiin HTS-betoni yhdessä 400 ja 500 mm paksuisten ontelolaattojen kanssa täysin toimivaksi. Elementtisaumojen kohdalle ei syntynyt suuria painaumuksia, jotka olisivat aiheuttaneet haitallista epätasaisuutta pintalaattaan ja kokeesta, jossa tutkittiin HTS-betonin kykyä täyttää kantavien palkkien läpiviennit, saatiin erinomainen tulos.

Hybridivälipohja ei sovellu kaikkiin rakennustyyppeihin. Tietyt suunnitteluratkaisut vaativat ontelolaattojen saumausbetonin kovettumisen, ennen kuin välipohja pystyy kannattamaan sen päälle valettavan pintalaatan. Toinen havaittu suunnittelussa huomioon otettava seikka on välipohjan ympärillä olevien ulkoseinäelementtien rakenne. Ulkoseinien täytyy toimia välipohjalaatan muottina, jotta hybridivälipohjan käyttö olisi taloudellisesti kannattavaa. Mikäli ulkoseinäelementit ovat niin matalat, että hybridivälipohjan toteutus vaatii välipohjan ulkoreunoille suurta muottityötä, ei kyseinen rakenne sovellu kohteeseen. Luja-hybridivälipohjan käytöllä on tarkoitus säästää lopullisissa rakentamiskustannuksissa, eikä lisätä muottityötä.

Kaiken kaikkiaan olen sitä mieltä, että kyseinen välipohjarakenne on kestävämpien muovisten tulppien kehittämisen jälkeen soveltuva rakenne toimisto- ja liikerakentamiseen. Kohteen suunnitteluratkaisun on tuettava hybridivälipohjan käyttöä. Rakennus, jossa käytetään ontelolaatoista koostuvaa välipohjaa, voidaan muuttaa hybridivälipohjatyömaaksi myös kesken rakentamisen, mikäli suunnitteluratkaisu on hybridivälipohjan kanssa yhteensopiva.

LÄHTEET

Lujabetoni.Ammattirakentajalle.Paikallavalurakentaminen.HT&HTS-betonit UU-TUUSTUOTTEET. [viitattu 12.2.2012] [verkkoesite]. Saatavissa: <http://www.lujabetoni.fi/>

Ruuska, P. 2009. *Betonivälipohjien kuivumisen seuranta*. Kuopio: Savonia-Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö

Ruuska, P. & Kovanen, T. & Tuomainen P. Inssityö 28.10.2011 [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Ossi Mönkkönen. Lähetetty 28.10.2011 [viitattu 5.11.2011].

Ruuska, P. VL:Seminaari 25.1.2012 [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Ossi Mönkkönen. Lähetetty 25.1.2012 [viitattu 12.2.2012]

Rönkkö, Matti 2011. Vastaava työnjohtaja. Lujatalo Oy. Kuopio 24.11.2011. Haastattelu.

Suomen Betoniyhdistys ry. *Betonilattiat 2002*, Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1. *Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet* [viitattu 12.2.2012] [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1917-c1.pdf>

Tarasmaa, H. 2011. *Betonimestarit Oy:n Itsetiivistyvän Betonin käyttö*. Kuopio: Savonia-Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka. Opinnäytetyö

Tuomainen, Pentti 2011. Kehityslaborantti. Lujabetoni Oy. Siilinjärvi 30.11.2011. Haastattelu.

Vuorinen P., *Itsetiivistyvä betoni tekee tuloaan* [verkkojulkaisu] [viitattu 24.10.2011]. Saatavissa: www.betoni.com/download.aspx?intFileID=532...7715

Liite 1

Siilinjärvellä 29.9.2011 tehdystä 50 neliömetrin suuruisesta hybridivälipohjasta mitatut lämpötilat

mittaus	Date	Time	[°C] 2. ontelosauma	[°C] 3. ontelosauma	[°C] pintalaatta	[°C] ulko
1	29.9.2011	7:57:02	8,8	9,0	----	7,8
2	29.9.2011	8:27:02	10,6	10,2	----	7,9
3	29.9.2011	8:57:02	10,1	10,0	----	8,3
4	29.9.2011	9:27:02	10,2	10,1	----	8,3
5	29.9.2011	9:57:02	10,4	10,2	----	8,8
6	29.9.2011	10:27:02	10,3	10,2	----	10,7
7	29.9.2011	10:57:02	10,3	10,2	----	11,1
8	29.9.2011	11:27:02	10,2	10,3	----	13,1
9	29.9.2011	11:57:02	10,5	10,4	----	11,8
10	29.9.2011	12:27:02	10,7	10,5	----	11,7
11	29.9.2011	12:57:02	10,7	10,5	----	12,0
12	29.9.2011	13:27:02	10,8	10,6	----	11,4
13	29.9.2011	13:57:02	11,0	10,7	Under	11,7
14	29.9.2011	14:27:02	11,0	10,8	Under	12,1
15	29.9.2011	14:57:02	11,2	10,9	-172,8	11,9
16	29.9.2011	15:27:02	11,2	11,0	-35,5	11,7
17	29.9.2011	15:57:02	11,4	11,1	155,6	11,5
18	29.9.2011	16:27:02	11,4	11,2	195,4	11,0
19	29.9.2011	16:57:02	11,4	11,2	312,8	10,9
20	29.9.2011	17:27:02	11,5	11,3	437,4	10,7
21	29.9.2011	17:57:02	11,5	11,4	581,2	10,9
22	29.9.2011	18:27:02	11,6	11,4	746,4	10,6
23	29.9.2011	18:57:02	11,6	11,5	956,3	10,2
24	29.9.2011	19:27:02	11,6	11,4	----	9,9
25	29.9.2011	19:57:02	11,7	11,5	----	9,8
26	29.9.2011	20:27:02	11,7	11,6	----	9,8
27	29.9.2011	20:57:02	11,7	11,6	----	9,7

Haastattelu hybridivälipohjasta

Aika	24.11.2011 klo 09.00
Paikka	Lujatalo Oy, työmaa Pioneerinkatu 5
Läsnä	Perttu Ruuska, kehityslaborantti Ossi Mönkkönen, opiskelija Matti Rönkkö, vastaava työnjohtaja
Laatija	Ossi Mönkkönen

1. Mielipide nykyisestä valutavasta, saumausvalu ja pintalaatta erikseen

Ontelolaattojen saumauksessa nykyään käytössä olevat menetelmät eivät ole oikeanlaisia työvaiheeseen. Saumojen betonoinnissa käytettävä betonipumppu on liian suuri ja käytettävät letkukoot liian paksuja. Nostoastialla suoritettava valu aiheuttaa samalla tavalla lisätyötä kuin betonipumpullakin, koska betonia joudutaan siirtämään käsin kottikärryllä sekä lapiolla. Laattojen pinta sotkeentuu, koska betonia leviää ympäriinsä. Työryhmä onteloiden saumauksessa yleensä on 3-4 neljä miestä. Saumausvaluja ko. työmaalla on ollut kahtena päivänä, joten resurssien kannalta ei ole merkityksellinen työvaihe. Saumavalusta aiheutuvat

työntekijätunnit eivät siis ole merkityksellinen osa kustannuksia kokonaisuuden kannalta.

2. Saumausvalun laadun varmistaminen perinteisellä menetelmällä

Saumojen täyttyminen perinteisellä saumausbetonilla valettaessa on epävarmaa. Matalissa ontelolaatoissa saumat ovat niin kapeita, ettei sauvatäryttimen eli vibran mahtuminen saumaan ole aina varmaa. Tärkeä osa saumojen täyttymisen kannalta on deltapalkkien ja ontelokentän ympärillä olevien rengasterästen tartunta, joissa saumat ovat leveitä eikä täyttymisestä ole epävarmuutta. Saumabetoneiden koostumuksessa olisi kehitettävää työstöajan pidentämisen ja notkeuden kannalta. Helteellä saumattaessa saumabetoni kovettuu liian nopeasti ja vaikeuttaa työtä. Ontelolaattojen valmistuksessa on eroja, jonka seurauksena saumojen paksuuksissa on heittoja ja ontelolaattojen pinta on monesti epätasainen.

3. Holvin siivous työvaiheena saumojen valun jälkeen

Saumausvalun yhteydessä tapahtuva ontelolaattojen pintojen hionta kokonaisuudessaan on 1-3 päivää kestävä työvaihe. Laattojen pintoja puhdistettaessa on käytetty kuparilaikalla varustettua hiomakonetta, sekä petkelettä. Tämän hiontavaiheen poisjääminen HTS-betonilla valetessa mahdollistaa yhden työvaiheen säästön. Hionnan ja puhdistamisen hoitaa yksi rakennusmies, eli resurssien kannalta vähäinen merkitys, mutta ajallisesti 1-3 päivää. Rakennustarvikkeiden varastoinnista holville ei kommentia.

4. Ensivaikutelma, kokemuksia ja mielipiteitä hybridivälipohjasta ja HTS-betonista

Matti on käyttänyt HTS-betonia aiemmin As Oy Kuopion Puusepän työmaalla. HTS-betoni on ollut hyvä ratkaisu mallissa, jossa muualla ollut 365mm ontelot, mutta matalammalla osalla 200mm ontelot, johon asennettu putkitukset ja viemärien upotukset. HTS-betonilla tehty 130mm paksu pintavalu on ollut helppo tapa putkitusten asentamisen kannalta ja valu on sujunut kuin itsestään.

Ongelmakohtia hybridivälipohjassa on tämänhetkisessä kohteessa lattialämpökaapeliin ja verkotuksen asennuksen aikana holville syntyvä roska, joka putoaa verkkojen alla oleviin avonaisiin saumoihin, josta se on vaikea siivota. Saumathan tulisivat olemaan avonaisena lattialämmityspotkituksen ja verkon asennuksen ajan, kunnes pintavalu on suoritettu. Miten holvin reunalle tulevat topparit asennetaan, kun nykyisessä mallissa ulkoseinäelementit asennetaan ensin paikoilleen ja seuraava kerros on valmiina ennen pintalaatan valua, jolloin ulkoseinäelementit eli kasetit toimivat pintalaatan muottina. Yksi vaihtoehto olisi, että ulkoseinäelementit kiinnitetään vinotuilla eli ”tönäreillä” holviin, mutta miten nämä toimisivat käytännössä kun ontelolaattaan kiinnitetty pää jää pintalaatan sisään. Miten asia on ratkaistu hybridikohteessa?

Kantavien rakenteiden toiminta eli rengasterästen tartunta ja deltapalkkien täyttyminen saumabetonilla on edellytys holvin kantavuudelle kyseisessä kohteessa. Pintalaatan valu yhdessä saumojen kanssa tarkoittaisi sitä, ettei deltapalkkien sisään tuleva betoni ehdi kovettua ennen pintalaatan valua ja pintalaatasta aiheutuva kuorma tulis siirtää alaspäin työnaikaisella

tuennalla. Miten valunaikainen tuenta ja rakenteen jäykistys tulisi ratkaista, jos kahta erillistä valukertaa ei ole?

Hybridivälipohjan kehittämisessä ratkaistavia ongelmia Matin mielestä olisi varmistuminen siitä, että kaikissa kohteissa saataisiin kalliimman HTS-betonin käytön kautta todellisia säästöjä. Säästö HTS-betonin käytössä perustuu saumaustyövaiheen poistumiseen, sekä pintalattian tekemiseen omilla miehillä. Nykyistä valumenetelmää käytettäessä pintalattian tekijä on erillinen aliurakoitsija, joten vastuu lattiapinnan suoruudesta siirtyy tämänhetkisessä tilanteessa heille. Hybridivälipohjan käytössä mahdollista olisi tekeminen omilla miehillä, mutta pinnan suoruudesta vastuu silloin pääurakoitsijalla ja omia miehiä on vaikea moittia huonosta laadusta.

Mikäli pintabetonin harjaamista ontelolaattojen pintaan tarvitaan, miten toteutetaan käytännössä kun pinnassa on verkko, joka on korpuilla nostettu 15mm laatoista irti. Harjaaminen rauditusverkon rei'istä on hankala ja vastenmielinen työvaihe. Primerin käyttö laatan pinnassa on Matin mielestä tärkeää. Pintalaatan tartuntalujuuden tulisi olla varmaa, koska pintalaatan tartunnan pettäminen on todella paha ongelma.

Savonia-ammattikorkeakoulu

KOHDE: Oppilastyö Ossi Monkkonen

Tekniikka Kuopio, Teknologiapalvelu

PL 88, 70

Tilaaja:

Tapani Savolainen, 044-785 6324

Suorituspm. 15.12.2011

Ulkolämpötila:

°C

Vesipitoisuus:

g/m³

Suht. kosteus:										%RH		Kastepistelämpötila:		°C
Tilan				Rakenteen										
Piste nro	Poraus- vm. ja klo	Anturin asennus ja purku	TILA ja pisteen sijainti	Kosteus, %RH	Lämpö- tila, °C	Kaste- piste- lämpöt °C	Vesipi- toisuus g/m³	Mittaus- reian syvyys mm	Materiaali	Kosteus, %RH	Lämpöt. °C	Kaste- piste- lämpöt. °C	Vesipi- toisuus g/m³	Mittausolosuhteet, muut huomiot ja anturin numero
	12.12.- 11	15.12.-11 klo 13.45 ja 14.17	"Krematorio"-tila Krematorio -tila	43,6	13,5		5,1		Betoni	64,9	13,5			
	12.12.- 21	15.12.-11 klo 13.46 ja 14.20	19.12.-11 klo	33,2	17,6		5,0		Betoni	79,0	13,2			
	12.12.- 11	16.12.-11 klo 9.00							Betoni	73,5	13,4			
	12.12.- 21	16.12.-11 klo 9.00							Betoni	88,6	13,2			
	12.12.- 11	19.12.-11 klo 9.00							Betoni	74,7	13,7			
	12.12.- 21	19.12.-11 klo 9.00							Betoni	91,6	13,3			
	16.12.- 11	19.12.-11 klo 9.00						70	Betoni	89,4	13,4			
	16.12.- 11	19.12.-11 klo 9.00						70	Betoni	91,5	13,2			
	16.12.- 11	19.12.-11 klo 9.00						85	Betoni	88,9	13,2			

Savonia-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Kuopio, Teknologiapalvelu
PL 88, 70

KOHDE: Oppilastyö Ossi Monkkonen

Tilaaja:

Tapani Savolainen, 044-785 6324

Suoritusvm. 15.12.2011

Ulkolämpötila:

°C

Vesipitoisuus:

g/m³

%RH

Kastepistelämpötila:

°C

				Tilan			Rakenteen							
Piste nro	Porausp vm. ja klo	Anturin asennus ja purku	TILA ja pisteen sijainti	Kosteus, %RH	Lämpö-tila, °C	Kaste- piste- lämpö- tila, °C	Vesipi- toisuus g/m³	Mittaus- reian syvyys mm	Materiaali	Kosteus, %RH	Lämpö- tila, °C	Kaste- piste- lämpö- tila, °C	Vesipi- toisuus g/m³	Mittausolosuhteet, muut huomiot ja anturin numero
1		27.12.-11							Betoni	73,9	13,8		8,4	Anturi nro 4
1/70		27.12.-11							Betoni	89,6	12,8		10,0	Anturi nro 5
2		27.12.-11							Betoni	91,5	12,9		10,3	Anturi nro 10